

11 JUL 2006

Verfahren zur optimierten Übertragung von Datenbursts zwischen einem sendenden und einem empfangenen Netzknoten

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur optimierten Übertragung von Datenbursts nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Bei der Datenübertragung über zukünftige optische Netze wird das sog. Optical Burst-Switching, OBS, angewendet. Bei diesem werden mehrere Datenpakete zu sog. Datenbursts zusammengefasst und anschließend über einen Datenkanal des optischen Netzes übertragen. Jeder Datenkanal entspricht einer bestimmten Wellenlänge eines Wellenlängen-Multiplexsignals, das eine Vielzahl dieser Kanäle aufweist, über die gleichzeitig Datensignale übertragen werden. Über jeden Datenkanal können unterschiedliche Nachrichten von verschiedenen Quellen übertragen werden. Bei höherem Verkehrsaufkommen kommt es zu größeren Verzögerung bei der Aussendung von Datenbursts, da zu ihrer Übertragung weniger freie Zeitschlitzte zur Verfügung stehen. In diesen Netzen ist die optimale Ausnutzung der zu verfügbaren Übertragungskapazität und damit einer Verringerung der Blockierungswahrscheinlichkeit ein wichtiges Ziel. Die Blockierungswahrscheinlichkeit wird durch ein "Two-Way-Reservation-OBS-Network", 2WR-OBS, reduziert, bei dem vom sendenden Netzknoten eine Reservierungsanfrage ausgesendet wird und von einem empfangenden Netzknoten die Bestätigung erfolgt, dass der Verbindungsweg frei ist.

Beim sogenannten  $\lambda$ -Switching, bei dem mehrere Wellenlängen (Kanäle) zur Verfügung stehen, ist die Schaltgranularität eine Wellenlänge. Folglich wird auch bei niedrigem Verkehrsaufkommen ein vollständiger Übertragungskanal belegt. Auch dieses Verfahren ist daher nicht optimal.

35

Aufgabe der Erfindung ist es, die Übertragungskapazität eines insbesondere optischen Datennetzes, insbesondere eines optischen Datennetzes, zu verbessern.

- 5 Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

Weiterbildungen des Verfahrens sind in den Unteransprüchen angegeben.

10

Der wesentliche Vorteil ergibt sich durch die Reduzierung der Wartezeiten (GAPs) zwischen den ausgesendeten Datenbursts. Der sendende Netzknoten erhält Information, ab wann eine mögliche Blockierung aufgehoben wird bzw. der Verbindungsweg  
15 frei ist. Daher kann ein Datenburst nach dem anderen ohne dazwischenliegende Wartezeit übertragen werden. Das Verfahren lässt sich allgemein anwenden und beispielsweise bei den bekannten OBS-Reservierungsmethoden HORIZON und JET und einsetzen.

20

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand von Figuren näher beschrieben.

- 25 Es zeigen

Figur 1 die Burst-Übertragung nach einem bekannten Verfahren, Figur 2 die Burst-Übertragung nach dem neuen Verfahren, Figur 3 ein optisches Datennetz und  
Figur 4 ein Zeitdiagramm zum JET-Algorithmus.

30

- Zunächst soll das übliche "Two-Way-Reservation-OBS" anhand von **Figur 1** beschrieben werden. Diese Figur zeigt die Aussendung von 3 aufeinanderfolgenden Datenbursts, BURST1 bis  
35 BURST3, über einen mit  $\lambda 1$  bezeichneten Datenkanal. Bei dem üblichen Verfahren wird von dem sendenden Endknoten ein Header mit einer Reservierungsanfrage (REQ - Figur 3) ausgesen-

det, der im Allgemeinen über mehrere Schalteinrichtungen zum empfangenen Endknoten gelangt. Ist der Verbindungsweg frei, so erhält der sendende Endknoten auf seine Anfrage hin nach einer Wartezeit ein Bestätigungssignal (ACK - Acknowledge, Figur 3) und kann anschließend seinen Datenburst aussenden. Nachdem entsprechend Figur 1, untere Zeile der erste Datenburst BURST1 ausgesendet ist, erfolgt in einem üblichen "Two-Way-Reservation-OBS" die Aussendung einer Reservierungsanfrage im nächsten Header durch den sendenden Endknoten und daraufhin der Empfang eines zugehörigen Bestätigungssignals, worauf - nach dem Ende des ersten Datenbursts und einer ungenutzten Wartezeit GAP1 - ein zweiter Datenburst BURST2 gesendet wird. Die obere Zeile in der Figur 1 zeigt die dabei immer die frühest mögliche Aussendung des Datenbursts. Mit dem ausgesendeten zweiten Datenburst BURST 2 überlappt der dritte Datenburst BURST3 (obere Zeile), der wiederum erst nach einer weiteren Wartezeit GAP2 ausgesendet werden kann. Zwischen den Datenbursts tritt folglich jedes mal eine Wartezeit GAP1, GAP2, ... auf. Diese Wartezeiten entsprechen ungenutzter Übertragungskapazität.

Figur 2 zeigt die Übertragung der Datenbursts nach der neuen Methode. Bereits während der Übertragung des ersten Datenbursts BURST1 wird dem sendenden Endknoten durch Angabe einer Blockierungszeit  $\delta_{\text{REQ-MIN}}$  mitgeteilt, ab wann keine Blockierung mehr besteht. Die Schalteinrichtungen des Netzes und der empfangende Endknoten sind über die gerade andauernde Blockierungszeit informiert und teilen dies im Bestätigungssignal dem sendenden Endknoten mit. Jetzt weiß der sendende Endknoten aufgrund der Blockierungszeit  $\delta_{\text{REQ-MIN2}}$ , wann eine möglicherweise bestehende Blockierung aufgehoben wird und die Verbindung zu Übertragung des zweiten Datenbursts BURST2 frei ist, hier unmittelbar nach dem Ende des ersten Datenbursts. Die erste Wartezeit GAP1 fällt daher nicht an und der zweite Datenbursts BURST2 wird ohne weitere Verzögerung ausgesendet. Ebenso könnte dritte Datenburst BURST3 unmittelbar nach der Blockierungszeit  $\delta_{\text{REQ-MIN3}}$ , dem Ende der Blockierung durch den

zweiten Datenburst BURST2, ausgesendet werden. BURST3 liegt aber zu diesem Zeitpunkt noch nicht vollständig vor (obere Zeile) und wird daher erst dann ausgesendet, wenn er vollständig ist. Die Übertragungskapazität wird durch das neue  
5 Verfahren soweit erhöht, dass im dargestellten Beispiel die anfallende Datenmenge problemlos übertragen werden kann. Im Extremfall treten überhaupt keine Wartezeiten mehr auf.

Durch das neue Verfahren kann außerdem der Signalisierungs-  
10 Overhead reduziert werden. Wird bei einer üblichen "Two-Way-Reservation" wird der sendende Endknoten über die Bestätigungsinformation ACK (Figur 3), informiert, dass der Übertragungsweg nicht frei ist, so muss der sendende Netzknoten den entsprechenden Header gegebenenfalls mehrfach solange aussen-  
15 den, bis er durch die Bestätigungsinformation informiert wird, dass der Übertragungsweg frei ist. Diese fortlaufende Signalisierungsinformation wird überflüssig, wenn das erfindungsgemäße Verfahren verwendet wird, bei dem der sendende Endknoten genau weiß, ab wann der Übertragungsweg frei ist  
20 und er den nächsten Datenburst aussenden kann.

In **Figur 3** ist ein Datennetz mit verschiedenen Endknoten A bis G dargestellt, die über Schalteinrichtungen S1 bis S7 miteinander verbunden sind. An jedem Endknoten können mehrere  
25 Teilnehmer angeschaltet sein, wie dies bei den Endknoten A und E durch Anschlußleitungen symbolisch dargestellt ist. Der Endknoten A will Datenbursts zum Endknoten E übertragen. Er sendet daher zunächst in einem Header eine Reservierungsanfrage (bandwidth reservation request) REQ über die Schalteinrichtungen S1, S4 und S5 an E, die Zeitinformation  $\delta_{REQ} = 0$   
30 enthält, was bedeutet, dass der Datenburst sobald wie möglich ausgesendet werden soll. Jede Schalteinrichtung überprüft, ob eine Reservierung von Übertragungskapazität für diesen Datenburst möglich ist. Bei der neuen Methode wird jedoch nicht  
35 nur eine positive oder negative Antwort erwartet. Für den Fall, dass die Antwort negativ ist, der Datenburst also nicht sofort gesendet werden kann, enthält die Antwort die als Blo-

ckierungszeit bezeichnete Wartezeit  $\delta_{\text{REQ-MIN}}$ , die eine Blockierungsdauer durch andere Burst-Übertragungen angibt und die der zu sendende Datenburst deshalb im Endknoten A noch verbringen muss, bevor er ausgesendet werden kann.

5

Der Verbindungsaufbau wird nun anhand der Figur 3 schrittweise beschrieben.

10 In einem ersten Schritt (1) sendet der Endknoten A seine Anfrage REQ in einem Header an E, der - wie bereits erwähnt - die Zeitinformation  $\delta_{\text{REQ}} = 0$  enthält.

15 In einem zweiten Schritt (2) überprüft jede von der Übertragung betroffene Schalteinrichtung S1, S4, S5, ob der zu übertragenden Datenburst mit einem gerade übertragenen Datenburst überlappt und nach welcher Zeitspanne  $\delta$  die Übertragung des aktuellen Datenbursts, die Blockierung, beendet sein wird und eine verfügbare Verbindung A - E hergestellt ist. Die erste betroffene Schalteinrichtung S1 sendet im Header mit der Reservierungs-Anfrage REQ die längste Blockierungszeit  $\delta_{\text{REQ}} = \max(\delta_{\text{REQ}}, \delta)$  an die nächste Schalteinrichtung S4 weiter. Dieser Vorgang wiederholt sich in der Schalteinrichtung S4 und den weiteren Schalteinrichtungen, hier nur in der weiteren Schalteinrichtung S5. Jede Schalteinrichtung ermittelt die  
25 längste der Blockierungszeiten auf den einzelnen Übertragungsabschnitten und fügt diese in ihren Header ein.

In einem dritten Schritt (3) erreicht die Reservierungsanfrage den Endknoten E, welcher die Blockierungszeit  $\delta_{\text{REQ-MIN}}$  der gesamten Verbindung A - E ermittelt.  
30

Der Endknoten E sendet dann in einem vierten Schritt (4) eine Bestätigung ACK mit dieser längsten Blockierungszeit  $\delta_{\text{REQ-MIN}}$  zum Endknoten A und informiert ihn so, wann Übertragungskapazität zur Verfügung steht und er seinen Datenburst aussenden kann.  
35

Auf den Weg der Bestätigungsinformation ACK durch die Schalteinrichtungen S5, S4 und S1 wird Übertragungskapazität zwischen A und E für den auszusendenden Datenburst reserviert. Die beschriebene Methode wird als HORIZON-Algorithm bezeichnet.  
5

Die Realisierung dieses Verfahrens kann mit unterschiedliche Varianten erfolgen. So können an Stelle einer Kalkulation der längsten Blockierungszeit auch alle in den einzelnen Schalteinrichtungen vorhandenen Blockierungszeiten eingefügt werden, und der empfangende Endknoten E ermittelt die längste Blockierungszeit der Verbindung A - E für den sendenden Endknoten A. Wesentlich bei allen Varianten ist lediglich, dass der sendende Endknoten A eine Bestätigung mit einer Zeitangabe erhält, aus der er die Wartezeit bis zum Aussenden seines Datenburst ermitteln kann.  
10  
15

Bei einem anderen Verfahren, dem JET-Algorithm, werden die Zeitpunkte des Datenburst-Beginns und des Datenburst-Endes festgehalten. Hierdurch wird es möglich, zwischen zwei Datenbursts BURST1 und BURST2, für die bereits die Übertragungskapazität reserviert ist, einen weiteren Datenburst BURST3 zu übertragen. **Figur 4** erläutert dieses. Zwischen den Datenbursts BURST1 und BURST2 liegt eine längere Wartezeit GAP.  
20  
25 Wird die Zeit des möglichen Beginns zur Aussendung des Datenbursts BURST 3 mit  $t_{REQ-INI}$  bezeichnet und empfängt der sendende Endknoten A die verbleibende Blockierungszeit  $\delta_{REQ-MIN}$  (in diesem Beispiel entspricht die Blockierungszeit der Verbindung A - E dem Zeitabstand bis zum Ende von BURST1, nach dem die Verbindung frei ist) und die Zeit  $t_{REQ-MAX}$  dem Beginn des nächsten Datenbursts BURST3, ab dem die Verbindung nicht mehr verfügbar ist, so kann der sendende Endknoten A die Länge des GAPs kalkulieren  
30

$GAP_{SIZE} = t_{REQ-MAX} - (t_{REQ-INI} + \delta_{REQ-MIN})$  kalkulieren, und so feststellen, ob er den weiteren Datenburst BURST3 innerhalb dieser Wartezeit aussenden kann (die freie Verbindungszeit GAP kann auch im Endknoten E usw. berechnet werden oder aufgrund  
35

einer relativen Zeitspanne  $\delta_{\text{REQ-MAX}}$  bis zum Ende einer verfügbaren Verbindung ermittelt werden). In Figur 4 ist es nicht der Fall und die Aussendung des Datenbursts BURST3 muss verzögert werden. Liegt keine Reservierung für den Datenburst BURST2 vor, dann wird die Zeit  $t_{\text{REQ-MAX}}$  auf unendlich gesetzt werden und der Datenburst BURST3 kann nach Ablauf der Zeit  $\delta_{\text{REQ-MIN}}$  ohne weitere Wartezeit ausgesendet werden.

Die Zeiten, ab wann und bis wann eine Übertragung eines Datenbursts möglich ist, können sowohl als Zeitspannen " $\delta$ " zu bestimmten Zeitmarken (z.B. Aussendung des Bestätigungssignals) als auch in absoluten Zeitwerten " $t$ " angegeben werden.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Übertragung von Datenbursts (BURST1, BURST2) zwischen einem sendenden Netzknoten (A) und einem empfangenden Netzknoten (E) über Schalteinrichtungen (S1, S4, S5) eines Datennetzes,  
5 dadurch gekennzeichnet,  
dass der sendende Netzknoten (A) Information über die Blockierungszeit ( $\delta_{REQ-MIN}$ ) bis zur möglichen Aussendung seines  
10 folgenden Datenbursts (BURST2) erhält und  
dass er den der folgenden Datenburst (BURST2) nach Ablauf dieser Blockierungszeit ( $\delta_{REQ-MIN}$ ) ausgesendet.
2. Verfahren nach Anspruch 1,  
15 dadurch gekennzeichnet,  
dass die verbleibende Blockierungszeit ( $\delta_{REQ-MIN}$ ) einer Verbindung (A - E) an den sendenden Netzknoten (A) gesendet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2,  
20 dadurch gekennzeichnet,  
dass sowohl der Zeitpunkt des Beginns einer verfügbaren Verbindung (A - E) oder die Blockierungszeit ( $\delta_{REQ-MIN}$ ) bis zum Beginn der verfügbaren Verbindung (A - E) als auch der Endzeitpunkt ( $t_{REQ-MAX}$ ) der verfügbaren Verbindung oder die Dauer  
25 (GAP) der verfügbaren Verbindung (A - E) oder eine Zeitspanne ( $\delta_{REQ-MAX}$ ) bis zum Ende der verfügbaren Verbindung (A - E) an den sendenden Netzknoten (A) übertragen werden.
4. Verfahren nach Anspruch 3,  
30 dadurch gekennzeichnet,  
dass die Blockierungszeit ( $\delta_{REQ-MIN}$ ) und die verbleibende Verbindungszeit (GAP)/Zeitspanne ( $\delta_{REQ-MAX}$ ) für einer Verbindung (A - E) an den sendenden Netzknoten (A) übertragen werden.



5. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der sendende Netzknoten (A) eine Reservierungsanfrage (REQ) über die Schalteinrichtung (S1, S4, S5) an den empfangenden Netzknoten (E) sendet.
6. Verfahren nach Anspruch 5,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass in der Reservierungsanfrage (REQ) die gewünschte Zeitspanne ( $\delta_{REQ} = 0$ ) bis zur Aussendung des folgenden Datenbursts (BURST2) gesendet wird.
7. Verfahren nach Anspruch 5,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass jede Schalteinrichtung (S1, S4, S5) die längste verbleibende Blockierungszeit ( $\delta_{REQ}$ ) ermittelt und an die nächste Schalteinrichtung (S4, S5) bzw. an den empfangenden Netzknoten (E) weitersendet.
8. Verfahren nach Anspruch 5,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der empfangende Endknoten (E) in einem Bestätigungssignal (ACK) die Zeitangaben ( $\delta_{REQ-MIN}$ ,  $t_{REQ-MAX}$ ,  $\delta_{REQ-MAX}$ ) für eine verfügbare Verbindung (A - E) über die Schalteinrichtungen (S5, S4, S1) an den sendenden Netzknoten (A) sendet und die Schalteinrichtungen (S5, S4, S1) aufgrund dieser Zeitangaben die erforderlichen Reservierungen von Übertragungskapazität vornehmen.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Datenbursts (BURST1, BURST2) über ein optisches Datennetz übertragen werden.

FIG 1

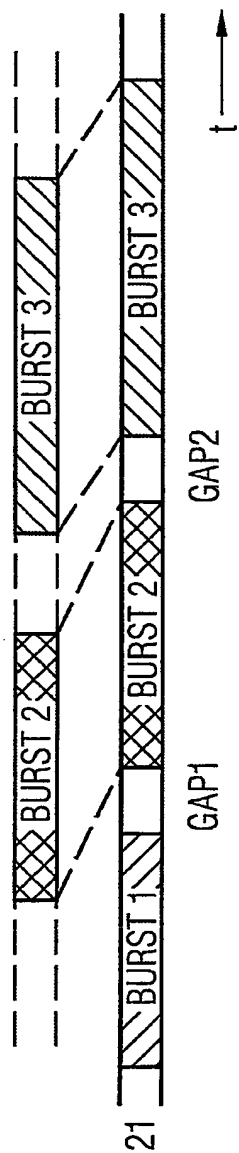


FIG 2

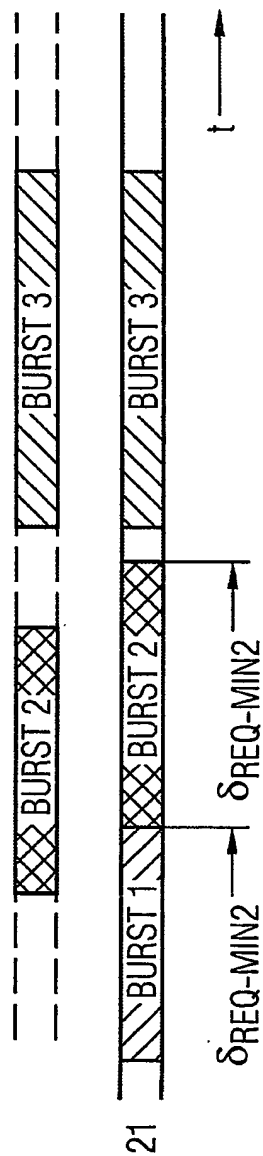


FIG 3

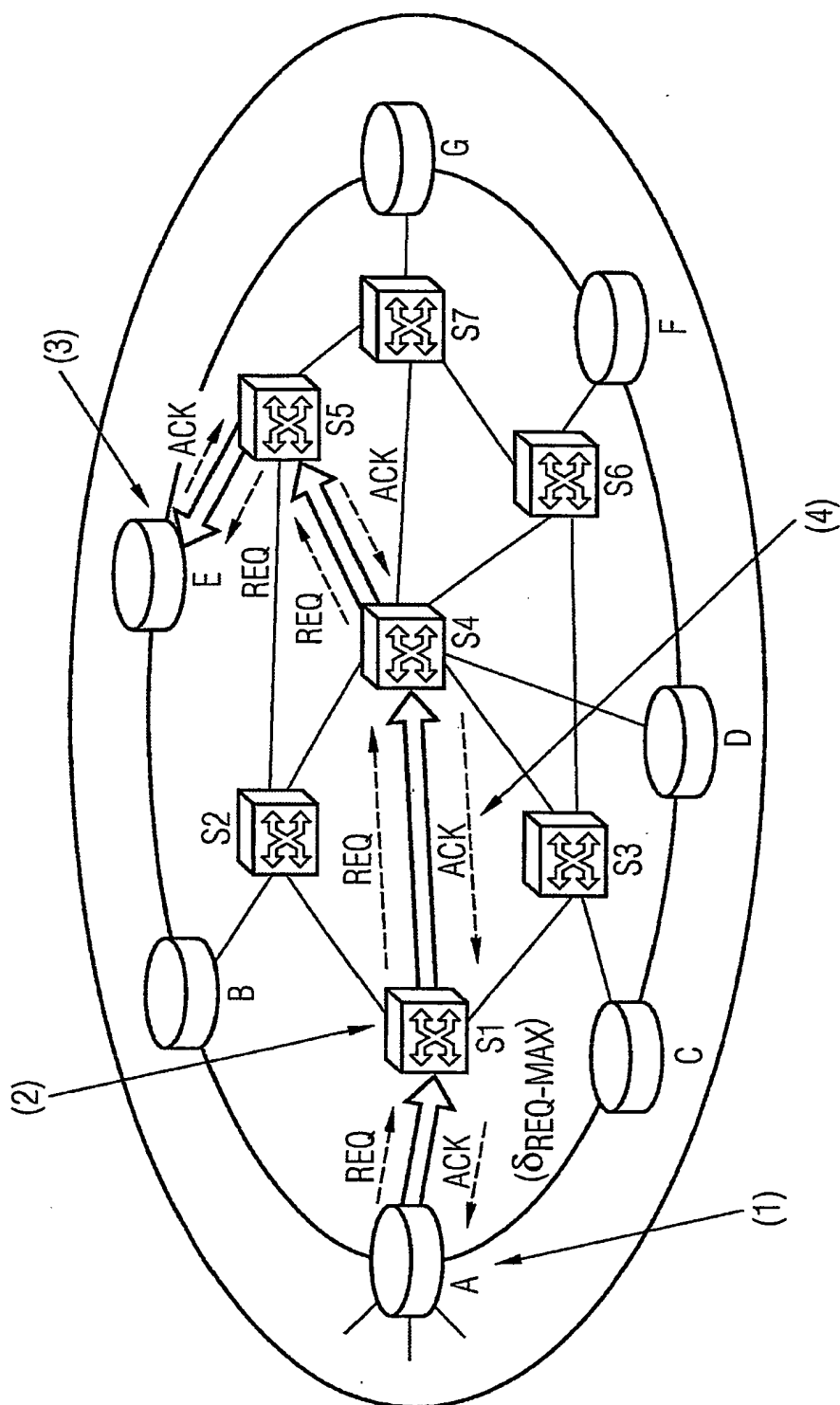


FIG 4

